



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 42 425 A 1**

Erl. zu 1844 DE
⑤ Int. Cl. 6:
F 23 M 9/00
F 23 M 13/00
B 60 H 1/22

⑳ Aktenzeichen: P 44 42 425.6
㉑ Anmeldetag: 29. 11. 94
㉒ Offenlegungstag: 16. 11. 95 ✓

D 2

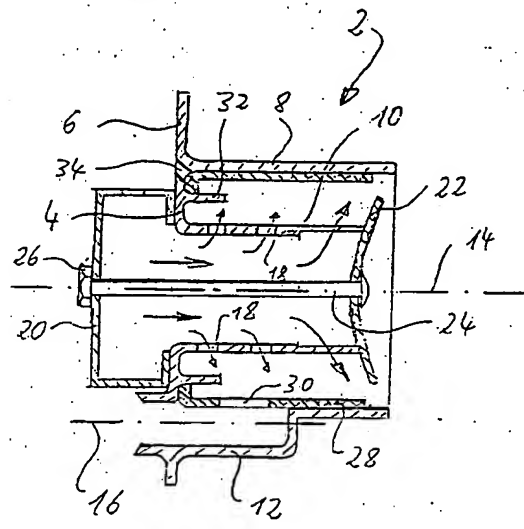
DE 44 42 425 A 1

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①
13.05.94 DE 44 16 998.1
⑦① Anmelder:
Fa. J. Eberspächer, 73730 Esslingen, DE
⑦④ Vertreter:
Klunker und Kollagen, 80797 München

⑦② Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

⑤④ Brennkammer eines Brenners für ein Fahrzeugheizgerät oder für einen Abgas-Partikelfilter

⑤⑦ Brennkammer (2) eines Brenners für ein Fahrzeugheizgerät oder für thermische Regeneration eines Abgas-Partikelfilters, die eine Stirn-Begrenzungswand (4), eine Umfangs-Begrenzungswand (8), einen Stutzen (12) zur Unterbringung einer Glühkerze und einen Stutzen (10) zur Zuführung von Verbrennungsluft aufweist, der von der Stirn-Begrenzungswand (4) in die Brennkammer (2) ragt und mindestens Verbrennungsluftaustritte (18; 42) durch die Stutzenwand aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkammer (2) mit der Stirn-Begrenzungswand (4), mit der Umfangs-Begrenzungswand (8), mit dem Glühkerzen-Stutzen (12), und mit oder ohne den Luftzuführungs-Stutzen (10) als einstückiges Feingußbauteil ausgebildet ist.



DE 44 42 425 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf die Brennkammer eines Brenners für ein Fahrzeugheizgerät oder für thermische Regeneration eines Abgas-Partikelfilters, die eine Stirn-Begrenzungswand, eine Umfangs-Begrenzungswand, einen Stutzen zur Unterbringung einer Glühkerze und einen Stutzen zur Zuführung von Verbrennungsluft aufweist, der von der Stirn-Begrenzungswand in die Brennkammer ragt und mindestens Verbrennungsluftaustritte durch die Stutzenwand aufweist.

Derartige Brennkammern von Brennern für die genannten Einsatzgebiete sind bekannt. Die bekannten Brennkammern hat man aus gestanzten und dann gebogenen Blechteilen zusammengesetzt, was beträchtlichen Aufwand für das Verbinden der Einzelteile, normalerweise durch Schweißen oder Löten, bedeutet. Diese Verbindungstechniken ziehen in der Regel einen Wärmeverzug der Brennkammer nach sich, so daß die Brennkammer vor dem Einbau in den Brenner nachgerichtet werden muß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine rationeller herstellbare Brennkammer verfügbar zu machen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist die Brennkammer mit der Stirn-Begrenzungswand, mit der Umfangs-Begrenzungswand, mit dem Glühkerzen-Stutzen, und mit oder ohne den Luftzuführungs-Stutzen als einstückiges Feingußbauteil ausgebildet.

Feingießen ist ein an sich bekanntes Herstellungsverfahren. Der Ausbildung einer Brennkammer als Feingußbauteil stand jedoch die auf dem Erfindungsgebiet allgemein verbreitete Auffassung der Fachwelt entgegen, daß nur die angesprochene "Blechbauweise" geeignet sei, Brennkammern aus geeigneten Werkstoffen und in der gewünschten dünnen Wandstärke der Bestandteile herstellen zu können. Die Erfinder des vorliegenden Erfindungsgegenstands haben sich über diese Bedenken hinweggesetzt und haben herausgefunden, daß nach dem Feingußverfahren wider Erwarten doch Brennkammern mit sinnvoll kleinen Wandstärken und aus geeignetem Material herstellbar sind. Die Herstellungsgenauigkeit ist ohne Nacharbeiten besser als bei der Blechbauweise. Es sind höchstens minimale Nachbearbeitungen, z. B. Anbringen einer Brennstoffzuführungsbohrung, erforderlich.

Die Erfindung gibt die Möglichkeit, die Feinguß-Integralbauweise der Brennkammer sehr weit oder weniger weit zu treiben. Bei Einbeziehung des Luftzuführungs-Stutzens in die Integralbauweise ergibt sich ein besonders hoher Rationalisierungseffekt. Aber auch ein Feingußbauteil, in das der Luftzuführungs-Stutzen, der seinerseits entweder aus gebogenem Blech oder nach dem Feingußverfahren gefertigt ist, nachträglich eingesetzt wird, erbringt schon Vorteile gegenüber der konventionellen Bauweise. Aus der weiteren Beschreibung wird deutlich werden, daß man in Weiterbildung der Erfindung auch noch weitere Funktionsbestandteile der Brennkammer in die Feinguß-Integralbauweise einbeziehen kann.

Ein typischer, bei der Erfindung bevorzugter Vertreter der Feingußtechnologie ist das an sich bekannte Wachs ausschmelzverfahren. Bei diesem Verfahren wird zunächst eine Herstellungsform für ein Wachsmodell, welches die Gestalt des letztendlich herzustellenden Feingußbauteils hat, angefertigt. Eine größere Anzahl dieser Wachsmodelle wird dann, angeschlossen an einen gemeinsamen Eingießkanal, in ein — häufig aus keramischen Partikeln mit Bindemittel bestehendes — Form-

material eingeformt. Beim anschließenden Gießen schmelzen die Wachsmodelle aus und werden die dadurch entstehenden Formhöhlräume mit flüssigem Metall ausgefüllt. Zum Entformen der Feingußbauteile wird das Formmaterial zerstört.

Als Material für das erfindungsgemäße Feingußbauteil sind verzunderungsbeständige und hochwärmefeste Stahllegierungen bevorzugt, insbesondere Stahllegierungen aus der Gruppe der rostfreien Edelstähle.

Vorzugsweise ist der Glühkerzen-Stutzen mindestens im wesentlichen parallel zur Längserstreckungsrichtung der Brennkammer ausgerichtet und als Ausbuchtung der Umfangs-Begrenzungswand ausgebildet. Im Querschnitt kann die Ausbuchtung eine teilkreisförmige Gestalt haben, insbesondere eine im wesentlichen halbkreisförmige oder zwischen halbkreisförmig und dreiviertelkreisförmig liegende Gestalt haben. In Längserstreckungsrichtung ist der Glühkerzen-Stutzen normalerweise kürzer als die Umfangs-Begrenzungswand.

Der Luftzuführungsstutzen kann an seinem strömungsabwärtigen Ende zum Inneren der Brennkammer offen sein (wodurch sich ein End-Verbrennungsluftaustritt ergibt) oder an diesem Ende auch geschlossen sein (so daß er nur die Verbrennungsluftaustritte durch die Stutzenwand aufweist). Im erstgenannten Fall ist es bevorzugt, strömungsabwärts von dem genannten offenen Ende einen Flammenhalter anzuordnen, der den aus dem offenen Ende austretenden Verbrennungsluftstrom nach außen in Richtung zu der Umfangs-Begrenzungswand verteilt, so daß er dort den Sauerstoff zum vollständigen Verbrennen des Brennstoffs liefert. Der Flammenhalter ist vorzugsweise eine zum Luftzuführungs-Stutzen hin konvex gekrümmte Platte. Der Flammenhalter kann ein gesondertes, nachträglich angebrachtes Bauteil sein, kann aber auch Bestandteil des weiter vorn angesprochenen Feingußbauteils sein.

In vielen Fällen ist es wünschenswert, daß die Brennkammer einen Befestigungsflansch für ihre Befestigung in dem Gesamtbrenner aufweist, wobei der Befestigungsflansch in den meisten Fällen quer zur Längserstreckungsrichtung der Brennkammer verläuft. Vorzugsweise weist das angesprochene Feingußbauteil den Befestigungsflansch einstückig auf. Herstellungstechnisch ist es dabei am günstigsten, wenn der Befestigungsflansch mindestens im wesentlichen in Fortsetzung der Stirn-Begrenzungswand nach radial-außen liegt.

Bisher hat man den Luftzuführungs-Stutzen durchweg rohrförmig mit verteilten Lochungen in der Stutzenwand ausgebildet. Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung weist der Luftzuführungs-Stutzen Längsschlitze in der Stutzenwand als Verbrennungsluftaustritte auf. Ein Teil der Längsschlitze oder alle Längsschlitze reichen bis zum strömungsabwärtigen Ende des Luftzuführungs-Stutzens. Die Längsschlitze sind bei der Feingußtechnologie deutlich einfacher herstellbar als bohrungsartige Öffnungen in der Stutzenwand. Das Vorsehen von Längsschlitzen schließt jedoch nicht aus, daß zusätzlich noch bohrungsartige Verbrennungsluftaustritte in der Stutzenwand vorhanden sind.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die beschriebene Konfiguration des Luftzuführungs-Stutzens mit Längsschlitzen einerseits eine bevorzugte Weiterbildung des zuvor beschriebenen, ersten Aspekts der Erfindung ("Brennkammer in Feingußtechnologie") darstellt, insbesondere weil ein Luftzuführungs-Stutzen mit Längsschlitzen in Feingußtechnologie bequemer herstellbar ist, daß aber andererseits der beschriebene

zweite Aspekt der Erfindung eine eigenständige Erfindung darstellt, die auch losgelöst von dem Gedanken der Feingußtechnologie technisch vorteilhaft verwirklichtbar ist.

Ein Längsschlitz, mehrere Längsschlitze oder alle Längsschlitze können — gemessen in Umfangsrichtung des Luftzuführungs-Stutzens — eine über die Schlitzlängsrichtung konstant bleibende Breite besitzen. Es ist aber auch möglich, daß einer, mehrere oder alle Längsschlitze — gemessen in Umfangsrichtung des Luftzuführungs-Stutzens — eine über die Schlitzlängsrichtung zum strömungsabwärtigen Ende hin zunehmende Breite haben. Die letztgenannte Maßnahme führt zu dem willkommenen Ergebnis, daß am strömungsaufwärtigen Endbereich der Brennkammer relativ wenig Verbrennungsluft aus dem Luftzuführungs-Stutzen in den Brennraum der Brennkammer übertritt, während mehr zum strömungsabwärtigen Ende des Luftzuführungs-Stutzens eine relativ größere Verbrennungsluftmenge in den Verbrennungsraum der Brennkammer übertritt und dort für die vollständige Verbrennung der Verbrennungsluft zur Verfügung steht. Dies ist ein Beispiel für die Situation, daß man das strömungsabwärtige Ende des Luftzuführungs-Stutzens geschlossen ausbilden kann, weil genügend große Luftaustrittsquerschnitte im strömungsabwärtigen Endbereich des Luftzuführungs-Stutzens durch die Stutzenwand zur Verfügung stehen.

In bevorzugter Weiterbildung der Erfindung ist mindestens einer der Verbrennungsluftaustritte durch die Stutzenwand derart ausgebildet, daß die Verbrennungsluft mit Strömungskomponente in Umfangsrichtung des Luftzuführungs-Stutzens ausströmt. Hiermit erreicht man — für den Ablauf der Verbrennung des Brennstoffs in der Brennkammer günstig — einen Austritt der Verbrennungsluft nicht im wesentlichen in radialer Richtung, sondern mit mehr oder weniger stark ausgeprägter Strömungskomponente in Umfangsrichtung, so daß sich in dem Verbrennungsraum eine Drallströmung ergibt.

Es ist ferner bevorzugt, den Luftzuführungs-Stutzen mit einem sich in Strömungsrichtung verjüngenden Innenquerschnitt auszubilden. Hierdurch wird den heißen, expandierenden Verbrennungsgasen im ringförmigen Verbrennungsraum zwischen der Umfangs-Begrenzungswand und dem Luftzuführungs-Stutzen ein in Strömungsrichtung zunehmender Strömungsquerschnitt zur Verfügung gestellt.

Die erfindungsgemäße Brennkammer ist vorzugsweise als Verdampfungsbrennkammer ausgebildet. Zu diesem Zweck kann man innen an der Stirn-Begrenzungswand und/oder der Umfangs-Begrenzungswand eine poröse Auskleidung zum Abdampfen des Brennstoffs vorsehen. Die Auskleidung muß nicht die Stirn-Begrenzungswand und/oder die Umfangs-Begrenzungswand vollständig überdecken. Poröse Auskleidung kann, muß aber nicht, auch im Inneren des Glühkerzen-Stutzens vorgesehen sein. Herkömmliche Materialien für die poröse Auskleidung sind Faservliese, insbesondere aus keramischen Fasern, oder Fasermetallwerkstoffe. Es versteht sich, daß der porösen Auskleidung von der Außenseite her Brennstoff zugeführt wird, der von der Auskleidung in den Verbrennungsraum hinein abdampft.

Nach einem dritten Aspekt der Erfindung ist eine Brennkammer vorgesehen, deren Auskleidung aus Sintermetall besteht. Dieser dritte Aspekt der Erfindung stellt einerseits eine bevorzugte Ausgestaltung der zuvor beschriebenen Erfindung dar, stellt aber andererseits auch eine selbständige Erfindung dar, die losgelöst

von der im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Feingußbauteil-Technologie vorteilhaft verwirklichtbar ist. Eine poröse Auskleidung aus Sintermetall ist wesentlich dauerhafter als ein keramisches Faservlies, kann mit sehr gleichmäßiger Porosität und hoher Paßgenauigkeit hergestellt werden, und liefert einen optimalen Wandkontakt zu der betreffenden Brennkammerwand. Ferner ist es möglich, für die Auskleidung einen gleichen oder einen ähnlichen Werkstoff wie für die restlichen Funktionsbestandteile der Brennkammer einzusetzen, so daß das Recyceln der Brennkammer erleichtert ist. Schließlich kann man bequem die Dicke der Auskleidung von Ort zu Ort nach Bedarf variieren.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung kann die Sintermetall-Auskleidung in situ in der Brennkammer erzeugt werden, indem man das Material der Auskleidung, d. h. die zu versinternden Partikel, im ungesinterten Zustand in die Brennkammer einbringt und dort an Ort und Stelle versintert. Normalerweise wird für diesen Zweck ein Kern in die Brennkammer eingesetzt, so daß ein spaltförmiger Formgebungsraum zwischen der Stirn-Begrenzungswand bzw. der Umfangs-Begrenzungswand und dem Kern entsteht, in den die zu versinternden Partikel eingefüllt werden. Das Versintern erfolgt in üblicher Weise durch Wärmezufuhr. Das Versintern in situ liefert optimalen Kontakt zwischen der Auskleidung und der betreffenden Begrenzungswand der Brennkammer.

Nach einem vierten Aspekt der Erfindung ist zwischen der Umfangs-Begrenzungswand und dem Luftzuführungs-Stutzen ein Leit- und Schutzring von der Stirn-Begrenzungswand aus ein Stück weit zum Inneren der Brennkammer ragend angeordnet. Der Leit- und Schutzring bewirkt eine mehr axiale Strömung der im strömungsaufwärtigen Endbereich aus dem Luftzuführungs-Stutzen austretenden Verbrennungsluft und — was besonders wichtig ist — verhindert ein Auftropfen von unverbranntem Brennstoff auf den im Betrieb heißen Luftzuführungs-Stutzen mit der erheblichen Gefahr der Verkokung des Luftzuführungs-Stutzens bis hin zum teilweisen oder vollständigen Verschließen von Verbrennungsluftaustritten, was die Gefahr nach sich zieht, daß die Verbrennung des Brennstoffs nicht mehr ordnungsgemäß abläuft.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß dieser vierte Aspekt der Erfindung einerseits eine bevorzugte Ausgestaltung einzelner oder mehrerer der vorstehend beschriebenen Erfindungsaspekte darstellt, aber andererseits eine selbständige Erfindung, losgelöst vom im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Feingußbauteil-Gedanken, darstellt, weil die Ausbildung gemäß dem vierten Aspekt der Erfindung auch unabhängig hiervon technisch vorteilhaft einsetzbar ist.

Der Leit- und Schutzring muß nicht unbedingt über 360° umlaufend sein. Bei geringeren Anforderungen kann es ausreichen, wenn er sich als Teilring über einen Teilumfang der Brennkammer erstreckt, insbesondere dort, wo mit einem Auftropfen von Brennstoff auf den Luftzuführungs-Stutzen am ehesten zu rechnen ist.

Der strömungsabwärtige Endbereich des Leit- und Schutzrings ist vorzugsweise so ausgebildet, daß er turbulenzsteigernd auf die Verbrennungsluftströmung wirkt, also die dortige Durchmischung von verdampftem Brennstoff und Verbrennungsluft fördert.

Die erfindungsgemäße Brennkammer kann — mit Ausnahme des Glühkerzen-Stutzens — im wesentlichen eine in Stirnansicht zylindrische Konfiguration aufweisen, muß es aber nicht zwingend.

Nach einem fünften Aspekt der Erfindung ist das der Stirn-Begrenzungswand der Brennkammer nähere Ende der Auskleidung und/oder das der Stirn-Begrenzungswand der Brennkammer entferntere Ende der Auskleidung in einem umfangsmäßig durchgehenden oder in Abschnitte unterbrochenen Ringspalt festgelegt. Aufgrund dieser Ausbildung läßt sich die Auskleidung produktionstechnisch äußerst einfach in der Brennkammer befestigen. Man kann so weit kommen, daß die Anzahl der bisher üblichen Schweißpunkte zur Befestigung der Auskleidung in der Brennkammer erheblich verringert werden kann oder auf Schweißpunkte ganz verzichtet werden kann. Zur Bildung des Ringspalts kann vorzugsweise ein umfangsmäßig durchgehender oder in Abschnitte unterbrochener Fixierring oder ein Bauteil vorgesehen sein, welches an einem die Brennkammer fortsetzenden Flammrohr befestigt ist.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß dieser fünfte Aspekt der Erfindung einerseits eine bevorzugte Ausgestaltung einzelner oder mehrerer der vorstehend beschriebenen Erfindungsaspekte darstellt, aber andererseits eine selbständige Erfindung darstellt, losgelöst vom im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Feingußbauteilgedanken, weil die Ausbildung gemäß dem fünften Aspekt der Erfindung auch unabhängig hiervon technisch vorteilhaft verwirklichtbar ist.

Vorzugsweise ist der Fixierring für das der Stirn-Begrenzungswand nähere Ende der Auskleidung Bestandteil des Feingußbauteils. Die Lagefixierung der Auskleidung läßt sich dadurch perfektionieren, daß man den Fixierring mindestens an seinem freien Ende nach dem Einsetzen der Auskleidung auf die Auskleidung zu abbiegt, wodurch sich eine Festklemmung der Auskleidung ergibt. Zu diesem Zweck kann es günstig sein, den Fixierring an seinem freien Ende mit dünner Wandstärke auszubilden, damit er dort gut abgebogen werden kann. Das Abbiegen ist auch im Fall des in Abschnitte unterbrochenen Fixierrings besonders erleichtert.

Das Einsetzen des Endes der Auskleidung in den ringspaltartigen Raum gestaltet sich besonders einfach, wenn — im Längsschnitt gesehen — sich dieser Raum zu seinem Abschlußende hin verjüngt und/oder die Auskleidung ein sich verjüngendes Ende aufweist. Es ist gerade bei der Befestigung der Auskleidung gemäß dem fünften Aspekt der Erfindung besonders bevorzugt, die Auskleidung nur an der Umfangs-Begrenzungswand der Brennkammer vorzusehen, so daß die Auskleidung insgesamt eine röhrenartige und nicht eine topfförmige Konfiguration hat.

Nach einem sechsten Aspekt der Erfindung weist die Umfangs-Begrenzungswand der Brennkammer innen-seitig einen in Längserstreckungsrichtung der Brennkammer verlaufenden Vorsprung zur formschlüssigen Festlegung der Auskleidung gegenüber Bewegung in Umfangsrichtung auf. Auf diese Weise muß die Festlegung in Umfangsrichtung nicht von der restlichen Lagefixierung der Auskleidung geleistet werden. Außerdem wird erreicht, daß sich die Auskleidung nur in einer bestimmten Positionierung (bezogen auf Drehung um die Längsachse der Brennkammer) in die Brennkammer einbringen läßt, so daß z. B. eine Öffnung in der Auskleidung, die gegenüber dem Stutzen für die Glühkerze positioniert sein soll, selbsttätig an die richtige Stelle kommt.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß dieser sechste Aspekt der Erfindung einerseits eine bevorzugte Ausgestaltung einzelner oder mehrerer der vorstehend beschriebenen Erfindungsaspekte darstellt, aber

andererseits eine selbständige Erfindung darstellt, losgelöst vom im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Feingußbauteilgedanken, weil die Ausbildung gemäß dem sechsten Aspekt der Erfindung auch unabhängig hiervon technisch vorteilhaft verwirklichtbar ist.

Nach einem siebten Aspekt der Erfindung ist im Strömungsweg der Verbrennungsluft vor dem Luftzuführungs-Stutzen eine Einrichtung zur Erzeugung von Strömungsdrall vorgesehen. Die drallbehaftete Verbrennungsluftströmung führt zu einer optimaleren Bildung eines verbrennungsgünstigen Brennstoff-Luft-Gemischs.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß dieser siebte Aspekt der Erfindung einerseits eine bevorzugte Ausgestaltung einzelner oder mehrerer der vorstehend beschriebenen Erfindungsaspekte darstellt, aber andererseits eine selbständige Erfindung darstellt, losgelöst vom im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Feingußbauteilgedanken, weil die Ausbildung gemäß dem siebten Aspekt der Erfindung auch unabhängig hiervon technisch vorteilhaft verwirklichtbar ist.

Vorzugsweise ist die Einrichtung zur Erzeugung von Strömungsdrall mindestens großenteils Bestandteil des Feingußbauteils oder mindestens großenteils Teil des Gehäuses eines der Brennkammer vorgesezten Verbrennungsluftgebläses. Die Einrichtung kann insbesondere einen Leitapparat, einen am Umfang spiralförmig begrenzten Strömungsraum oder dgl. aufweisen.

Nach einem achten Aspekt der Erfindung ist am Übergang zwischen der Umfangs-Begrenzungswand der Brennkammer und der Auskleidung ein Brennstoffverteilkanal vorgesehen, der sich mindestens über einen Teil des Umfangs der Umfangs-Begrenzungswand erstreckt. Durch den Brennstoffverteilkanal wird erreicht, daß sich der zugeführte Brennstoff bereits rückseitig von der Auskleidung über eine größere Fläche verteilt. Ein gleichmäßigeres Verdampfen des Brennstoffs über eine größere Fläche der Auskleidung und eine Verringerung der Gefahr des Abtropfens von Brennstoff von der Auskleidung sind die Folge.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß dieser achte Aspekt der Erfindung einerseits eine bevorzugte Ausgestaltung einzelner oder mehrerer der vorstehend beschriebenen Erfindungsaspekte darstellt, aber andererseits eine selbständige Erfindung darstellt, losgelöst vom im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Feingußbauteilgedanken, weil die Ausbildung gemäß dem achten Aspekt der Erfindung auch unabhängig hiervon technisch vorteilhaft verwirklichtbar ist.

Vorzugsweise ist ein in den Brennstoffverteilkanal mündender Brennstoffzuführungsstutzen zur Brennstoffzuführung im wesentlichen in Umfangsrichtung vorgesehen. Durch einen derartigen Brennstoffzuführungsstutzen wird die Erreichung der vorstehend abgehandelten Vorteile noch weiter gefördert.

Nach einem neunten Aspekt der Erfindung ist radial weiter außen als die Umfangs-Begrenzungswand der Brennkammer ein Wärmeleitfinger vorgesehen, dessen Ende in Längserstreckungsrichtung der Brennkammer weiter vorn als seine Wurzel liegt, und ist an der Außenseite des Brennkammerbauteils in demjenigen Bereich, wo an der Innenseite des Brennkammerbauteils die Wurzel des Wärmeleitfingers ist, ein Temperaturfühler angesetzt, mit dem sich erfassen läßt, ob in der Brennkammer Verbrennung abläuft oder nicht.

Brenner für Fahrzeugheizgeräte oder für thermische Regeneration von Abgas-Partikelfiltern sind auch bis-

her in aller Regel mit einer sogenannten Flammerkennung bzw. Flammabbruchererkennung ausgerüstet. Wenn mit Hilfe dieser Einrichtung festgestellt wird, daß unbeabsichtigt in der Brennkammer noch kein Verbrennungsvorgang oder kein Verbrennungsvorgang mehr stattfindet, wird mindestens die Zufuhr von Brennstoff zu der Brennkammer unterbrochen, damit hier nicht unkontrollierte Ansammlungen von unverbranntem Brennstoff entstehen. Bisher hat man zu diesem Zweck normalerweise an der Wand des der Brennkammer nachgeordneten Wärmetauschers einen Temperaturfühler vorgesehen, der aufgrund absinkender Wandtemperatur den Flammabbruch erkennt. Diese Technik erfordert jedoch die Anbringung einer Bohrung durch die Außenwand des Wärmetauschers; insbesondere im Fall eines Verbrennungsgas/Wasser-Wärmetauschers ergeben sich Abdichtungs- und Korrosionsprobleme.

Gemäß dem neunten Aspekt der Erfindung wird der Anbringungsort des Temperaturfühlers zu dem Brennkammerbauteil verlagert; es ergibt sich eine deutlich vereinfachte Herstellung, und Probleme der geschilderten Art werden vermieden. Vorzugsweise ist der Wärmeleitfinger Bestandteil des Feingußbauteils.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der neunte Aspekt der Erfindung einerseits eine bevorzugte Ausgestaltung einzelner oder mehrerer der vorstehend beschriebenen Erfindungsaspekte darstellt, aber andererseits eine selbständige Erfindung darstellt, losgelöst vom in kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Feingußbauteilgedanken, weil die Ausbildung gemäß dem neunten Aspekt der Erfindung auch unabhängig hiervon technisch vorteilhaft verwirklichtbar ist.

Nach einem zehnten Aspekt der Erfindung ist von den Oberflächen, die im Betrieb zum Aufbau kohlenstoffhaltiger Ablagerungen neigen, mindestens ein Teil kupferhaltig ausgebildet. Von den Oberflächen, die für kupferhaltige Ausbildung in Frage kommen, seien insbesondere die folgenden genannt: Innenseite der Auskleidung zum Abdampfen des Brennstoffs, Außenseite des Luftzuführungs-Stützens, Innenseite des Stützens für die Glühkerze, Begrenzungswände der Brennkammer (insbesondere wenn oder wo keine Auskleidung vorhanden ist), das der Brennkammer nachgeordnete Flammrohr, verbrennungsgasseitige Fläche des Wärmetauschers.

Trotz aller konstruktiven Bemühungen gibt es in Brennkammern zuweilen Bereiche mit Sauerstoffmangel, in denen es zu kohlenstoffhaltigen Ablagerungen kommen kann. Durch die kupferhaltige Ausbildung wird die Verbrennungstemperatur derartiger Ablagerungen sehr stark herabgesetzt (eine Herabsetzung auf 200 bis 250°C ist erreichbar). Da derartige Temperaturen insbesondere bei nicht nur kurzzeitigem Betrieb überall in der Brennkammer erreicht werden, beobachtet man einen Selbstreinigungseffekt. Das Freihalten der Oberflächen der genannten Art von kohlenstoffhaltigen Ablagerungen ist von Bedeutung für störungsfreien Betrieb und hohe Lebensdauer der Brennkammer.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß dieser zehnte Aspekt der Erfindung einerseits eine bevorzugte Ausgestaltung einzelner oder mehrerer der vorstehend beschriebenen Erfindungsaspekte darstellt, aber andererseits eine selbständige Erfindung darstellt, losgelöst vom in kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Feingußbauteilgedanken, weil die Ausbildung gemäß dem zehnten Aspekt der Erfindung auch unabhängig hiervon technisch vorteilhaft verwirklichtbar ist.

Zur praktischen Verwirklichung der Kupferhaltigkeit

gibt es eine ganze Reihe technischer Möglichkeiten. Man kann kupferhaltige Legierungen wählen oder eine Beschichtung mit kupferhaltigem Material vorsehen. Im Fall einer faserigen Auskleidung zum Abdampfen des Brennstoffs kann man dem Auskleidungsmaterial Fasern aus kupferhaltigem Material beimischen. Im Fall einer Sintermetall-Auskleidung zum Abdampfen des Brennstoffs kann man den zu versinternden Teilchen Teilchen aus kupferhaltigem Material zugeben. Der vorstehend verwendete Begriff "kupferhaltiges Material" schließt auch Reinkupfer und Kupferlegierungen ein.

Die erfindungsgemäße Brennkammer ist vorzugsweise Teil eines Brenners für ein Fahrzeugheizgerät oder Teil eines Brenners für die thermische Regeneration eines Abgas-Partikelfilters. Fahrzeugheizgeräte werden insbesondere für Personenkraftwagen, die Fahrerkabine von Lastkraftwagen, Omnibusse, Segel- und Motorboote, Baumaschinen, Wohnmobile, Campinganhänger und dergleichen eingesetzt. In vielen Fällen weist das Fahrzeug einen Verbrennungsmotor als Antrieb auf. In diesem Fall kann das Fahrzeugheizgerät in den Kühlmittelkreislauf und den regulären Heizungskreislauf des Verbrennungsmotors eingebunden sein, so daß das Fahrzeugheizgerät als Zusatzheizung bei ungenügendem Wärmeangebot des Verbrennungsmotors und/oder als Standheizung bei stillstehendem Verbrennungsmotor benutzt werden kann. — Abgas-Partikelfilter werden zunehmend in den Abgasstrang von stationären oder von dem Fahrzeugantrieb dienenden Dieselmotoren eingebaut. Die Partikelfilter, häufig vereinfachend auch als "Rußfilter" bezeichnet, halten die im Abgas von Dieselmotoren enthaltenen Partikel zurück. Die Partikelfilter müssen, normalerweise in Intervallen, von den ausgefilterten Partikeln befreit werden, was insbesondere durch thermische Regeneration geschehen kann. Zur thermischen Regeneration wird die dem Partikelfilter zuströmende Gasströmung so stark aufgeheizt, daß die Entzündungstemperatur der Partikel von etwa 650 bis 700°C erreicht wird und die Partikel mit im zugeführten Gasstrom enthaltenem Sauerstoff verbrannt werden.

Es sei noch angemerkt, daß in den Unteransprüchen enthaltene selbständig schutzfähige Merkmale trotz der vorgenommenen formalen Rückbeziehung auf den Hauptanspruch entsprechenden eigenständigen Schutz haben sollen. Im übrigen fallen sämtliche in den gesamten Anmeldungsunterlagen enthaltenen erfinderischen Merkmale in den Schutzzumfang der Erfindung.

Die Erfindung und bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung werden nachfolgend anhand von zeichnerisch dargestellten Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine Brennkammer im Längsschnitt;

Fig. 2 bis 5 jeweils im Längsschnitt und etwas stärker schematisiert ein Brennkammerbauteil, wobei alternative Ausführungen des Verbrennungsluft-Stützens gezeichnet sind;

Fig. 6 und 7 zwei weitere alternative Ausführungsformen des Verbrennungsluft-Stützens im Querschnitt;

Fig. 8 bis 12 diverse Ausführungsvarianten eines Leit- und Schutzrings in in die Ebene abgewickelter Darstellung;

Fig. 13 eine Brennkammer anderer Ausführungsform im Längsschnitt, wobei oben und unten zwei unterschiedliche Varianten gezeichnet sind;

Fig. 14 einen Querschnitt längs A-A der Brennkammer von Fig. 13;

Fig. 15 eine Abwandlung der Brennkammer von

Fig. 13 in einem Längsschnitt, der einen Teil der Brennkammer zeigt;

Fig. 16 eine andere Abwandlung der Brennkammer von Fig. 13 in einem Längsschnitt, der einen Teil der Brennkammer zeigt;

Fig. 17 ein Fahrzeugheizgerät mit einem Brennkammerbauteil anderer Ausführungsform im Längsschnitt.

Bei allen Ausführungsbeispielen werden für gleiche oder analoge Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet.

Die in Fig. 1 gezeichnete Brennkammer 2 besteht im wesentlichen aus einer ebenen Stirn-Begrenzungswand 4, die radial-außen in einen Befestigungsflansch 6 übergeht, einer zylindrischen Umfangs-Begrenzungswand 8, die von der Stirn-Begrenzungswand 4 rechtwinklig nach rechts forträgt, einem zentral von der Stirn-Begrenzungswand 4 rechtwinklig nach rechts fortragenden, zylindrischen Luftzuführungs-Stutzen 10 und einem Glühkerzen-Stutzen 12. Der Befestigungsflansch 6 hat einen kreisrunden Außenumfang. Der Luftzuführungs-Stutzen 10 ist konzentrisch zu der Umfangs-Begrenzungswand 8, aber durchmesserklarer als die Umfangs-Begrenzungswand 8, so daß zwischen dem Luftzuführungs-Stutzen 10 und der Umfangs-Begrenzungswand 8 ein Ringraum gebildet ist.

Die Längsmittelachse der Brennkammer 2 ist mit 14 bezeichnet. In Axialrichtung gemessen ist der Luftzuführungs-Stutzen 10 etwa halb so lang wie die Umfangs-Begrenzungswand 8. Im nicht gezeichneten Querschnitt betrachtet hat der Glühkerzen-Stutzen 12 eine teilkreisförmige Innenkontur, die über etwa 240° geht. Die Teil-Umfangswand des Glühkerzen-Stutzens 12 stellt gleichsam eine Ausbuchtung der Umfangs-Begrenzungswand 8 dar, wobei die Umfangs-Begrenzungswand 8 dort, wo sich der Glühkerzen-Stutzen 12 anschließt, unterbrochen ist. Der Glühkerzen-Stutzen 12 reicht nach rechts hin nicht bis zum Ende der Umfangs-Begrenzungswand 8. Die Längsmittelachse 16 des Glühkerzen-Stutzens 12 liegt etwas außerhalb der Umfangs-Begrenzungswand 8 und ist parallel zu der Achse 14. Die Wand des Luftzuführungs-Stutzens 10 weist umfangsmäßig verteilt und in zwei Reihen axial nebeneinander radiale, runde Löcher 18 als Verbrennungsluftaustritte auf.

Am strömungsabwärtigen, in Fig. 1 rechten Ende des Luftzuführungs-Stutzens 10 sind in axialer Fortsetzung mehrere Stege 20 über den Umfang verteilt vorgesehen. Am strömungsaufwärtigen, in Fig. 1 linken und am strömungsabwärtigen, in Fig. 1 rechten Ende (d. h. Beginn der Stege 20) ist der Luftzuführungs-Stutzen 10 offen.

Alle bisher angesprochenen Teile der Brennkammer 2 sind zusammen als integrales Feingußbauteil ausgebildet. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß der Luftzuführungs-Stutzen 10 alternativ auch separat gefertigt und anschließend mit dem Feingußbauteil vereinigt worden sein kann.

Links an die Stirn-Begrenzungswand 4 ist ein im wesentlichen zylindrisches Luftzuführungs-Gehäuse 19 angesetzt, das einen Leitapparat zur Erzeugung einer in den Luftzuführungs-Stutzen 10 eintretenden Drallströmung enthalten kann, aber nicht muß. An das Luftzuführungs-Gehäuse 19 ist ein nicht gezeichnetes Gebläse angeschlossen, das die Verbrennungsluft mit dem erforderlichen Überdruck liefert.

Von rechts her an den freien Enden der Stege 20 anliegend ist eine nach links hin konvex gekrümmte Platte 22 als Flammenhalter angeordnet, die mittels einer zentral-axial verlaufenden, kleinen Stange 24 gegen die Stege 20 gezogen wird. Am linken Ende führt die

kleine Stange 24 durch die End-Stirnwand des Luftzuführungs-Gehäuses 19 und ist dort durch eine aufgeschraubte Mutter 26 befestigt. Die gekrümmte Platte besteht aus Blech. Sie könnte aber auch integral mit den Stegen 20 in das Feingußbauteil einbezogen sein; in diesem Falle wäre die kleine Stange 24 entbehrlich.

Ferner erkennt man in Fig. 1 eine poröse Auskleidung 28 innen an der Stirn-Begrenzungswand 4 und innen an der Umfangs-Begrenzungswand 8. Die poröse Auskleidung 28 besteht vorzugsweise aus Sintermetall und ist vorzugsweise in situ dort versintert worden. In Axialrichtung ist die Auskleidung 28 beim gezeichneten Ausführungsbeispiel etwas kürzer als die Umfangs-Begrenzungswand 8, könnte aber auch gleich lang oder sogar länger als die Umfangs-Begrenzungswand 8 sein. In demjenigen Bereich, wo das Innere des Glühkerzen-Stutzens 12 in das Innere der Brennkammer 2, d. h. den Ringraum zwischen der Umfangs-Begrenzungswand 8 und dem Luftzuführungs-Stutzen 10, übergeht, hat die Auskleidung 28 eine Öffnung 30, die in ihrer Größe nur einen Bruchteil der Größe der dortigen Unterbrechung der Umfangs-Begrenzungswand 8 hat, aber auch praktisch die gesamte Größe der Unterbrechung haben kann. Bei in den Gesamtbrenner eingebauter Brennkammer 2 ist in dem Glühkerzen-Stutzen 12 der bei Stromdurchgang glühend werdende Bereich einer Glühkerze, sei es Glühkerze mit Glühwendel oder Glühstiftkerze, untergebracht.

Schließlich erkennt man in Fig. 1 einen Leit- und Schutzring 32, der rechtwinklig von der Stirn-Begrenzungswand 4 nach rechts in den Ringraum zwischen der Umfangs-Begrenzungswand 8 und dem Luftzuführungs-Stutzen 10 ragt. Die axiale Länge des Rings 32 beträgt 5 bis 30%, vorzugsweise 8 bis 20%, der axialen Länge des Luftzuführungs-Stutzens 10. Der Ring 32 ist vorzugsweise einstückig mit dem Feingußbauteil.

Oben links in Fig. 1 ist noch eine unter 45° schräge Bohrung 34 für das Zuführen von Brennstoff vorgesehen, wobei in die Bohrung 34 ein nicht eingezeichneter Stutzen mit Preßsitz eingesetzt sein kann. In Wirklichkeit befindet sich die Bohrung 34 um 150° gegenüber der eingezeichneten Position verdreht neben dem Glühkerzen-Stutzen 12.

Meistens ist die Brennkammer 2 mit obenliegendem Glühkerzen-Stutzen 12 eingebaut, also um 180° gedreht um ihre Längsachse 14 im Vergleich zu Fig. 1.

Im Betrieb arbeitet die beschriebene Brennkammer 2 wie folgt:

Über eine Dosierpumpe und durch die Bohrung 34 wird der Auskleidung 28 Brennstoff, d. h. in der Regel Dieselmotorkraftstoff oder Benzin, zugeführt. Zum Starten der Brennkammer 2 wird der nicht eingezeichneten Glühkerze Strom zugeführt, woraufhin sie in ihrem vorderen Bereich zu glühen beginnt. Unterstützt durch die Erwärmung mittels der Glühkerze verdampft Brennstoff von der Auskleidung 28 zum Inneren der Brennkammer 2 hin, aber auch in das Innere des Glühkerzen-Stutzens 12. An der Glühkerze findet dann die Zündung des Brennstoff-Luft-Gemisches statt, und die entstehende Flamme breitet sich durch die Öffnung 30 in den Ringraum zwischen der Umfangs-Begrenzungswand 8 und dem Luftzuführungs-Stutzen 10 aus. Gleichzeitig strömt Verbrennungsluft aus dem Luftzuführungs-Gehäuse 20 durch den Luftzuführungs-Stutzen 10 und von dort durch die radialen Löcher 18 in den beschriebenen Ringraum, wo die Anfangsverbrennung des Brennstoff-Luft-Gemisches stattfindet. Weiter strömungsabwärts strömt der Hauptteil der Verbrennungsluft durch die

großen Zwischenräume zwischen den Stegen 20 nach außen in den Verbrennungsraum der Brennkammer 2. Dort und weiter strömungsabwärts findet die vollständige Verbrennung des Brennstoffs statt. Durch den Leit- und Schutzring 32 entsteht radial außerhalb von diesem eine strömungsarme Ringtasche, in der sich fettes Brennstoff-Luft-Gemisch bilden kann. Von der Auskleidung 28 nach unten abtropfender Brennstoff gelangt auf den Ring 32 statt auf den Luftzuführungs-Stutzen 10 und wird von der in Fig. 1 rechten, strömungsabwärtigen Kante durch die Verbrennungsluft nach strömungsabwärts weggerissen.

Der Glühkerzen-Stutzen 12 kann noch eine kleine, nicht eingezeichnete Öffnung zur Zuführung einer kleinen Spülluftmenge aufweisen.

In Fig. 2 ist eine Bauweise des Luftzuführungs-Stutzens 10 veranschaulicht, bei der statt der runden Löcher 18 Längsschlitze 40 vorgesehen sind, die ein Stück hinter dem strömungsaufwärtigen Ende des Stutzens 10 beginnen und bis zum strömungsabwärtigen Ende des Stutzens 10 durchgehen. Die Längsschlitze 40 sind gleichmäßig über den Umfang des Stutzens 10 verteilt und haben — in Umfangsrichtung des Stutzens 10 gemessen — eine über die Axialrichtung gleichbleibende Breite 42. Auf das strömungsabwärtige Ende des Stutzens 10 kann unmittelbar eine ebene oder gewölbte Platte aufgesetzt sein, entsprechend der Platte 22 von Fig. 1. Alternativ können in axialer Verlängerung des Stutzens 10 Stege 20 wie bei der Ausführungsform von Fig. 1 angegossen sein; die nicht eingezeichnete Platte läge dann gegen die freien Enden dieser Stege 20 an.

In Fig. 3 ist eine Variante gezeichnet, bei der die Längsschlitze — gemessen in Umfangsrichtung des Stutzens 10 — eine in Strömungsrichtung fortschreitend zunehmende Breite 42 haben.

Bei der in Fig. 4 gezeichneten Variante verjüngt sich der Stutzen 10 in Strömungsrichtung konisch.

In Fig. 5 ist eine Variante gezeichnet, bei der die Verjüngung des Stutzens 10 nach innen gewölbt verläuft.

In den Fig. 6 und 7 sind Ausführungsformen des Stutzens 10 im Querschnitt gezeichnet, bei denen Längsschlitze 40 und Stutzenwandbereiche 44 miteinander abwechseln. Dabei sind die Längsschlitze 40 so geformt, daß sie einen Verbrennungsluftaustritt mit Strömungskomponente in Umfangsrichtung des Stutzens 10 erzwingen.

Bei sämtlichen Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 2 bis 7 sind — wie beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 — die Stirn-Begrenzungswand 4, die Umfangs-Begrenzungswand 8, der Befestigungsflansch 6, der Luftzuführungs-Stutzen 10 und der Glühkerzen-Stutzen 12 als einstückiges Feingußbauteil ausgebildet.

In den Fig. 8 bis 12 sind diverse Varianten der Gestaltung des Leit- und Schutzrings 32 veranschaulicht. Bei den Ausführungsformen gemäß Fig. 8 bis 10 ist die strömungsabwärtige Endkante des Rings 18 profiliert gestaltet, so daß dem dort entlangströmenden Teil der Verbrennungsluft Turbulenz mitgegeben bzw. deren Turbulenz erhöht wird. Fig. 11 zeigt eine Gestaltung des strömungsabwärtigen Endes des Rings 32 als scharf zulaufende, nach außen abgebogene Abspritzkante.

Fig. 12 zeigt eine Ausbildung des Rings mit schräg verlaufenden Rinnen oder Vorsprüngen an der Innenseite, um der dort vorbeiströmenden Luft Drall zu erteilen. Korrespondierende Rinnen oder Vorsprünge könnten auf der Außenseite des Rings 32 zum Führen aufgetropften Kraftstoffs in Spiralrichtung vorgesehen sein. Der Ring 32 muß nicht zylindrisch sein, sondern könnte

auch konisch sein, und zwar sich verjüngend oder sich verbreiternd in Strömungsabwärtsrichtung.

Die in Fig. 13 und 14 gezeichnete Brennkammer 2 weist, insoweit analog der Brennkammer 2 von Fig. 1, eine ebene Stirn-Begrenzungswand 4, eine zylindrische Umfangs-Begrenzungswand 8, einen zylindrischen Luftzuführungs-Stutzen 10, einen Glühkerzen-Stutzen 12, und einen Befestigungsflansch 6 auf, der allerdings weiter rechts von der Umfangs-Begrenzungswand 8 nach radial-außen geht als bei der Ausführungsform von Fig. 1. Der Luftzuführungs-Stutzen ist, wie beim Ausführungsbeispiel von Fig. 2, mit Längsschlitzen 40 ausgeführt. Alle bisher angesprochenen Teile der Brennkammer 2 sind zusammen als integrales Feingußbauteil ausgebildet. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß der Luftzuführungs-Stutzen 10 alternativ auch separat gefertigt und anschließend mit dem Feingußbauteil vereinigt worden sein kann.

Im Unterschied zur Ausführungsform von Fig. 1 weist die Brennkammer 2 von Fig. 13 und 14 einen Leitapparat zur Erzeugung von Strömungsdrall in der dem Luftzuführungs-Stutzen 10 zuströmenden Verbrennungsluft auf, dessen gekrümmte Leitschaufeln 50 integral mit dem Feingußbauteil der Brennkammer gegossen sind. Die Leitschaufeln 50 nehmen in Radialrichtung etwas weniger als den Platz der Stirn-Begrenzungswand 4 ein und ragen unmittelbar von dieser axial nach links in Fig. 13. Auf der der Stirn-Begrenzungswand 4 abgewandten Seite sind die Leitschaufeln 50 durch eine kreisrunde, durchgehende Platte 52 abgedeckt, so daß die Verbrennungsluft ausschließlich von radial außen her in die Strömungskanäle zwischen den Leitschaufeln 50 einströmen muß und mit sehr erheblichem Drall um die Längsmittelachse 14 der Brennkammer 2 in den Luftzuführungs-Stutzen 10 eintritt. Die Platte 52 kann ebenfalls integral mit dem Feingußbauteil gegossen sein, kann alternativ aber auch ein gesondert gefertigtes, nachträglich angebrachtes und befestigtes Teil sein.

Alternativ kann die Einrichtung zur Erzeugung von Strömungsdrall vorzugsweise durch einen dem Luftzuführungs-Stutzen 10 vorgesetzten Strömungsraum mit spiralartig verlaufender Umfangswand gebildet sein. Die Verbrennungsluft kann diesem Strömungsraum tangential an der mit kleiner werdenden Krümmungsradius verlaufenden Umfangswand zugeführt werden. Der beschriebene Strömungsraum kann in einer entsprechend dicken Gehäusewand eines der Brennkammer 32 vorgesetzten Verbrennungsluftgebläses, siehe z. B. Gehäusewand 80 in Fig. 17, ausgebildet sein.

Fig. 13 zeigt ferner eine neuartige Befestigung der porösen Auskleidung 28 in der Brennkammer 2. Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß die Auskleidung 28 rein zylindrisch und damit nicht topfförmig wie beim Ausführungsbeispiel von Fig. 1 ist; die Auskleidung 28 ist also innen an der Umfangs-Begrenzungswand 8 vorgesehen, aber nicht innen an der Stirn-Begrenzungswand 4. In Fig. 13 nach rechts ragt von der Stirn-Begrenzungswand 4 ein Fixiererring 54 zum Inneren der Brennkammer 2 hin, und zwar mit einem radialen Abstand zur Innenseite der Umfangs-Begrenzungswand 8, der im wesentlichen der radialen Dicke der Auskleidung 28 entspricht. In den so gebildeten Ringspalt 56 zwischen der Umfangs-Begrenzungswand 8 und dem Fixiererring 54 ist das in Fig. 13 linke Ende der Auskleidung 28 eingeschoben, wobei zur Erleichterung des Einschubens der Fixiererring 54 rechts-außenseitig etwas abgeschrägt ist.

Hinsichtlich der Befestigung des in Fig. 13 rechten

Endes der Auskleidung 28 sind in Fig. 1 oberhalb der Längsmittelachse 14 und unterhalb der Längsmittelachse 14 zwei unterschiedliche Varianten gezeichnet. An das beschriebene Feingußbauteil der Brennkammer 2 ist nach rechts weiterführend ein aus Blech gefertigtes Flammrohr 58 angesetzt, das in Fig. 13 unterbrochen gezeichnet ist, aber in Wirklichkeit in Axialrichtung erheblich länger als die Brennkammer 2 ist. Ein Stück entfernt von seinem linken Ende ist in dem Flammrohr 58 eine Flammenblende 60 befestigt, die aus Blech besteht und eine große zentrale Durchströmungsöffnung 62 aufweist, welche die Gasströmung im Vergleich zum Innendurchmesser der Umfangs-Begrenzungswand 8 bzw. des Flammrohrs 58 lokal einschnürt.

Bei der Variante oben in Fig. 13 ist die Flammenblende 60 am Übergang zur Befestigung im Flammrohr 58 derart abgebogen, daß ein Ringspalt 64 zwischen dem Flammrohr 58 und einem im wesentlichen parallel zu dem Flammrohr 58 verlaufenden Bereich 66 der Flammenblende verbleibt. In diesen Ringspalt 64 ist das in Fig. 13 rechte Ende der Auskleidung 28 eingeschoben, so daß der beschriebene Bereich 66 der Flammenblende 60 als Fixierring für die Auskleidung 28 wirkt. Die Auskleidung 28 ist in Axialrichtung relativ lang, führt also aus der Umfangs-Begrenzungswand 8 hinaus ein Stück weit in das Flammrohr 58.

Bei der Variante unten in Fig. 13 endet die Auskleidung 28 rechts, bevor das Ende der Umfangs-Begrenzungswand 8 erreicht wird. Im in Fig. 13 linken Endbereich des Flammrohrs 58 ist an diesem ein ringartiges Bauteil 68 befestigt, welches nach links ragt und am linken Ende nach innen gestuft abgebogen ist, so daß dort ein Ringspalt 64 (analog dem Ringspalt 64 oben in Fig. 13) zur Aufnahme des rechten Endes der Auskleidung 28 gebildet ist.

Wenn das Flammrohr-Bauteil 58 nach links auf das Brennkammer-Bauteil 2 aufgeschoben ist und dort durch Schweißung befestigt ist, ist auch, wie beschrieben, das rechte Ende der Auskleidung 28 in dem betreffenden Ringspalt 64 aufgenommen. Die Auskleidung 28 ist wegen der beidseitigen Einsperrung am Innenumfang der Umfangs-Begrenzungswand 8 festgelegt. Die Radialabmessungen der Ringspalte 56 und 64 können, müssen aber nicht, so sein, daß die Enden der Auskleidung 28 mit gewisser Einklemmung aufgenommen werden; zur erleichterten Montage kann man die Enden der Auskleidung 28 mit Abschrägung an der Innenseite ausbilden. Es wird ferner darauf hingewiesen, daß die Auskleidung 28 nicht zwingend an beiden Enden festgelegt werden muß. Insbesondere bei einer relativ steifen Konsistenz und/oder einer in Axialrichtung nicht zu langen Ausbildung der Auskleidung 28 kann die Festlegung an nur einem Axialende ausreichend sein. In diesem Fall sollte allerdings vorzugsweise dort eine echte Lagefixierung z. B. durch Festklemmen erfolgen.

Was die Befestigung der Flammenhalter-Platte 22 anlangt, sind die Stege 20 an ihrem freien Ende nach radial innen verbreitert ausgeführt, so daß die Platte 22 dort bequem angeschweißt werden kann.

In Fig. 14 ist erkennbar, daß die Auskleidung 28 zwar insgesamt zylindrisch ist, aber an einer Stelle ihres Umfangs einen in Axialrichtung und in Radialrichtung durchgehenden Schlitz hat. Korrespondierend ist ein sich in der axialen Längsrichtung der Brennkammer 2 verlaufender Vorsprung 70 innen an der Umfangs-Begrenzungswand 8 vorgesehen. Beim axialen Einschieben der Auskleidung 28 sorgt der Vorsprung 70 dafür, daß die Auskleidung 28 hinsichtlich ihrer Winkellage um die

Längsmittelachse 14 in einer bestimmten Positionierung ausgerichtet wird und daß die Auskleidung 28 hinsichtlich ihrer Verlagerungen in Umfangsrichtung festgelegt wird. Durch die genannte Ausrichtung ist sichergestellt, daß die Öffnung 30 der Auskleidung 28 in korrekter Position relativ zu dem Stutzen 12 für die Glühkerze ist. Es wird darauf hingewiesen, daß der Schlitz in der Auskleidung 28 nicht in Radialrichtung ganz durchgehen muß, sondern z. B. nur eine axial verlaufende Rinne in der Außenseite der Auskleidung vorgesehen sein kann. Ferner ist es alternativ möglich, die Auskleidung außenseitig mit einem axial verlaufenden Vorsprung auszustatten und dementsprechend eine axial verlaufende Rinne an der Innenseite der Umfangs-Begrenzungswand 8 vorzusehen.

In den Fig. 13 und 14 erkennt man ferner, daß an der Innenseite der Umfangs-Begrenzungswand 8 ein in Umfangsrichtung verlaufender Brennstoffverteilkanal 72 vorhanden ist, der durch eine flach-nutenartige Vertiefung im Material des Brennkammerbauteils gebildet ist. Beim gezeichneten Ausführungsbeispiel verläuft der Verteilkanal 72 kreisförmig praktisch über den gesamten Umfang. Es ist aber auch möglich, den Verteilkanal 72 nur für einen Teil des Umfangs vorzusehen, insbesondere für den Teil des Umfangs von dem nachfolgend zu beschreibenden Brennstoffzuführungsstutzen 74 bis zu dem Bereich des Stutzens 12 für die Glühkerze bzw. die Öffnung 30 in der Auskleidung 28. Es wird darauf hingewiesen, daß es alternativ möglich ist, den Verteilkanal 72 am Außenumfang der Auskleidung 28 auszubilden statt im Material des Brennkammerbauteils.

Der an das Brennkammerbauteil angegossene Brennstoffzuführungsstutzen 74 hat eine Ausrichtung im wesentlichen in Umfangsrichtung der Umfangs-Begrenzungswand 8. Infolgedessen wird Brennstoff in einer derartigen Richtung zugeführt, daß er glatt in dem Verteilkanal 72 weiterströmt und über eine größere Fläche verteilt von hinten her in die Auskleidung 28 eintritt.

Schließlich wird darauf aufmerksam gemacht, daß bei der Ausführungsform gemäß Fig. 13 und 14, anders als bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1, der Stutzen 12 für die Glühkerze eine derartige Ausrichtung hat, daß seine Längsmittelachse 16 im wesentlichen oder exakt in einer Ebene liegt, die sich rechtwinklig zur Längsmittelachse 14 der Brennkammer 2 erstreckt (Zeichnungsebene der Fig. 14).

Fig. 15 zeigt eine Abwandlung, bei der der Fixierring 54 in seinem rechten, freien Endbereich mit relativ geringer Wandstärke ausgebildet ist und nach dem Einschieben des Endes der Auskleidung 28 nach radial außen abgebogen worden ist zum Festklemmen der Auskleidung 28. In diesem Fall kann der Ringspalt 56 problemlos in Radialrichtung etwas größer sein als die Dicke der Auskleidung 28. Das Abbiegen des Endbereichs des Fixierrings 54 kann problemlos mittels eines von rechts nach links in die Brennkammer 2 eingeführten Werkzeugs erfolgen, das z. B. eine äußere Schrägfläche zum Ausüben des Umbiegedrucks aufweist.

In Fig. 16 ist ein Ausführungsbeispiel gezeichnet, bei dem die Auskleidung 28 wiederum topfförmig ist, insofern ähnlich Fig. 1. Fig. 16 veranschaulicht jedoch den Fall, daß das der Stirn-Begrenzungswand 4 entferntere Ende der Auskleidung 28 auf eine besonders günstige Weise in einem Ringspalt 64 festgelegt ist. Der Ringspalt 64 ist gebildet zwischen einem an die Brennkammer 2 anschließenden Flammrohr 58 und einem an dem Flammrohr 58 befestigten Flammenblende-Bauteil 60. Beim in Axialrichtung erfolgenden Aufschieben des

Flammrohrs 58 auf das in Fig. 16 rechte Ende des Brennkammerbauteils 2 kommt das in Fig. 16 rechte Ende der Auskleidung 28 in den beschriebenen Ringraum 64 und wird zwischen dem Endbereich der Umfangs-Begrenzungswand 8 und dem als Fixierring dienenden Flammblenden-Bauteil 60 leicht umbiegend festgeklemt. Das Flammrohr 58 wird mit dem Brennkammerbauteil 2 verschweißt.

Von der Stirn-Begrenzungswand 4 ragt ein Ring 32 zum Inneren der Brennkammer 2 hin, aber schräg nach radial-außen. Der Innendurchmesser der zentralen Öffnung, die der Stirn-Begrenzungswand 4 zugeordnet ist, der Auskleidung 28 ist geringfügig größer als der Durchmesser des Rings 52 an seinem freien Ende. Infolgedessen konnte die Auskleidung 28 bequem in Axialrichtung von rechts nach links in Fig. 16 in das Brennkammerbauteil 2 eingeschoben werden. Abgesehen von der beschriebenen mechanischen Fixierung am rechten Ende ist die Auskleidung 28 mit einigen Schweißpunkten an der Umfangs-Begrenzungswand 8 und an der Stirn-Begrenzungswand 4 befestigt. Der beschriebene Schrägverlauf des Rings 32 hat den Vorteil, daß Brennstoff, der möglicherweise vom in Fig. 16 linken Endbereich der Auskleidung 28 abtropft in der durch den Ring 32 gebildeten Rinne so weitergeleitet wird, daß er nicht auf den Luftzuführungs-Stutzen 10 auftrifft. Insofern hat der Ring 32 eine ganz ähnliche Funktion wie der Schutzring 32 beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1.

Man kann aber auch den Ring 32 rein in Axialrichtung verlaufen lassen, was gießtechnisch leichter ist. Schließlich ist es möglich, mit einem im frisch gegossenen Zustand axial verlaufenden Ring 32 zu arbeiten, der nach dem Einschieben der Auskleidung 28 in seinem freien Endbereich nach außen gegen die Auskleidung 28 umgebogen wird. In diesem Fall erstreckt sich die Auskleidung 28 an ihrem linken Ende weiter in Richtung zu der Zentralachse 14 der Brennkammer 2 hin. Der Ring 32 stellt dann einen Fixierring für die Auskleidung 28 dar.

Es wird darauf hingewiesen, daß der Fixierring 54 und/oder der Fixierring 66 bzw. 68 sich nicht kontinuierlich über den Gesamtumfang erstrecken muß, sondern vielmehr in umfangsmäßig beabstandete Abschnitte unterbrochen sein kann. Diese unterbrochene Ausbildung hat sogar Vorteile, wenn es um das Festklemen der Auskleidung 28 durch Umbiegen von Materialbereichen geht.

Fig. 17 zeigt in schematisierter Form ein Brennkammer-Feingußbauteil 2, eingebaut in ein Fahrzeugheizgerät. Außer dem Feingußbauteil erkennt man das die Umfangs-Begrenzungswand 8 der Brennkammer 2 fortsetzende Flammrohr 58, einen Teil des Gehäuses 80 des Verbrennungsluftgebläses, das unter Zwischenfügung einer Dichtung 82 an dessen linker Stirnseite mit dem Feingußbauteil verschraubt ist, einen Mantel 84 des Heizgeräts, eine Wärmetauscherwand 86, die den Raum, in dem die Verbrennung stattfindet, von einem wasserdurchströmten Raum innerhalb des Mantels trennt, und einen Abgasstutzen 88, durch den die Verbrennungsabgase von dem Heizgerät wegströmen.

Von der linken, äußeren Stirnseite her ist in einer Vertiefung des Feingußbauteils ein Temperaturfühler 90 ganz üblicher Ausbildung, z. B. Typ PT 1000 angebracht. An der Anbringungsstelle des Temperaturfühlers 90 weist das Gebläsegehäuse 80 eine durchgehende Bohrung 92 auf. Der Temperaturfühler 90 ist mittels einer Federklammer 94, die an dem Gebläsegehäuse 80 befestigt ist, befestigt und gegen das Material des Feingußbauteils gedrückt.

In demjenigen Bereich des Feingußbauteils, wo außenseitig die Vertiefung 96 für den Temperaturfühler 90 ist, weist das Feingußbauteil innenseitig einen integral mitgegossenen Wärmeleitfinger 98 auf, der sich von seiner Wurzel an der Stirnwand des Feingußbauteils in Axialrichtung erstreckt. In der Praxis hat der Wärmeleitfinger 98 eine axiale Länge im Bereich von 20 bis 90% der axialen Länge der Umfangs-Begrenzungswand 8.

Wenn z. B. durch eine Störung die Verbrennungsflamme erlischt und daher kein Brennstoff mehr verbrannt wird, sinkt die Temperatur im Ringraum 100 zwischen der Umfangs-Begrenzungswand 8 bzw. dem Flammrohr 58 und der Wärmetauscherwand 86. Durch den Wärmeleitfinger 98 wird dieses Absinken der Temperatur an den Ort des Temperaturfühlers 90 weitergegeben. Bei Unterschreiten eines bestimmten Schwellenwerts der Temperatur wird das Heizgerät abgeschaltet, in erster Linie die Brennstoffzufuhr zu dem Heizgerät. Mit Hilfe des Temperaturfühlers 90 läßt sich außerdem erkennen, ob das Heizgerät nach dem Starten korrekt gezündet hat, weil sich ein Zünden des in der Brennkammer abgedampften Brennstoffs rasch in einer Temperatursteigerung in dem beschriebenen Ringraum 100 äußert.

Um einen Brenner für thermische Regeneration eines Abgas-Partikelfilters zu schaffen, kann die erfindungsgemäße Brennkammer (2), z. B. die Brennkammer (2) gemäß Fig. 1, stirnseitig in das Partikelfilter-Gehäuse eingesetzt sein und durch eine Brennstoffpumpe und ein Verbrennungsluftgebläse zu dem Brenner komplettiert sein. — Im Fall eines Fahrzeugheizgeräts schließt sich, häufig nach einer blendenartigen Querschnittsverengung, normalerweise ein Flammrohr mit größerer axialer Länge als die Brennkammer (2) an. Am Ende des Flammrohrs wird die heiße Abgasströmung um 180° nach außen umgelenkt und strömt in Axialrichtung an der rohrförmigen Trennwand eines Wärmetauschers entlang, ehe es über eine Abgasleitung ins Freie abgeleitet wird. Auf der Außenseite der Trennwand des Wärmetauschers strömt entweder Wasser, das auf diese Weise im Fahrzeugheizgerät erwärmt wird, oder Luft, die auf diese Weise zu Heizluft erwärmt wird.

Patentansprüche

1. Brennkammer (2) eines Brenners für ein Fahrzeugheizgerät oder für thermische Regeneration eines Abgas-Partikelfilters, die eine Stirn-Begrenzungswand (4), eine Umfangs-Begrenzungswand (8), einen Stutzen (12) zur Unterbringung einer Glühkerze und einen Stutzen (10) zur Zuführung von Verbrennungsluft aufweist, der von der Stirn-Begrenzungswand (4) in die Brennkammer (2) ragt und mindestens Verbrennungsluftaustritte (18; 42) durch die Stutzenwand aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkammer (2) mit der Stirn-Begrenzungswand (4), mit der Umfangs-Begrenzungswand (8), mit dem Glühkerzen-Stutzen (12), und mit oder ohne den Luftzuführungs-Stutzen (10) als einstückiges Feingußbauteil ausgebildet ist.
2. Brennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Glühkerzen-Stutzen (12) mindestens im wesentlichen parallel zur Längserstreckungsrichtung der Brennkammer (2) ausgerichtet und als Ausbuchtung der Umfangs-Begrenzungswand (8) ausgebildet ist.
3. Brennkammer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch

gekennzeichnet, daß der Luftzuführungs-Stutzen (10) ein zum Inneren der Brennkammer (2) hin offenes Ende besitzt und daß strömungsabwärts von dem offenen Ende ein Flammenhalter, vorzugsweise in Form einer gekrümmten Platte (22), angeordnet ist.

4. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Feingußbauteil einstückig einen Befestigungsflansch (6) der Brennkammer (2) aufweist, der vorzugsweise in Fortsetzung der Stirn-Begrenzungswand (4) nach radial-außen liegt.

5. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bis zum strömungsabwärtigen Ende des Luftzuführungs-Stutzens (10) reichende Längsschlitze (40) in der Stutzenwand als Verbrennungsluftaustritte vorgesehen sind.

6. Brennkammer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Längsschlitze (40) — gemessen in Umfangsrichtung des Luftzuführungs-Stutzens (10) — eine über die Schlitzlängsrichtung konstant bleibende Breite (42) oder eine über die Schlitzlängsrichtung zum strömungsabwärtigen Ende hin zunehmende Breite (42) hat.

7. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Verbrennungsluftaustritte (18; 40) derart ausgebildet ist, daß die Verbrennungsluft mit Strömungskomponente in Umfangsrichtung des Luftzuführungs-Stutzens (10) ausströmt.

8. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Luftzuführungs-Stutzen (10) in Strömungsrichtung verjüngt.

9. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Verdampfungsbrennkammer innen an der Stirn-Begrenzungswand (4) und/oder der Umfangs-Begrenzungswand (8) eine poröse Auskleidung (28) zum Abdampfen des Brennstoffs aufweist.

10. Brennkammer nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Auskleidung (28) aus Sintermetall besteht.

11. Brennkammer nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sintermetall-Auskleidung (28) im ungesinterten Zustand in die Brennkammer (2) eingebracht und an Ort und Stelle versintert worden ist.

12. Brennkammer nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das der Stirn-Begrenzungswand (4) der Brennkammer (2) nähere Ende der Auskleidung (28) und/oder das der Stirn-Begrenzungswand (4) der Brennkammer (2) entferntere Ende der Auskleidung (28) in einem umfangsmäßig durchgehenden oder in Abschnitte unterbrochenen Ringspalt (56; 64) festgelegt ist.

13. Brennkammer nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung des Ringspalts (56) ein umfangsmäßig durchgehender oder in Abschnitte unterbrochener Fixierring (54) vorgesehen ist.

14. Brennkammer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Fixierring (54) Teil des Feingußbauteils ist.

15. Brennkammer nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Fixierring (54) mindestens an seinem freien Ende nach dem Einsetzen der Auskleidung (28) auf die Auskleidung (28) zu

abgebogen worden ist.

16. Brennkammer nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung des des Ringspalts (64) ein Bauteil (66; 68) vorgesehen ist, welches an einem an die Brennkammer (2) anschließenden Flammrohr (58) befestigt ist.

17. Brennkammer nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangs-Begrenzungswand (8) der Brennkammer (2) innenseitig einen in Längserstreckungsrichtung der Brennkammer verlaufenden Vorsprung (70) zur form-schlüssigen Festlegung der Auskleidung (28) gegenüber Bewegung in Umfangsrichtung aufweist.

18. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß im Strömungsweg der Verbrennungsluft vor dem Luftzuführungs-Stutzen (10) eine Einrichtung (50) zur Erzeugung von Strömungsdrall vorgesehen ist.

19. Brennkammer nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (50) zur Erzeugung von Strömungsdrall mindestens großenteils Teil des Feingußbauteils oder Teil des Gehäuses (80) eines der Brennkammer (2) vorgesetzten Verbrennungsluftgebläses ist.

20. Brennkammer nach einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß am Übergang zwischen der Umfangs-Begrenzungswand (8) der Brennkammer (2) und der Auskleidung (28) ein Brennstoffverteilkanal (72) vorgesehen ist, der sich mindestens über einen Teil des Umfangs der Umfangs-Begrenzungswand (8) erstreckt.

21. Brennkammer nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß ein in den Brennstoffverteilkanal (72) mündender Brennstoffzuführungsstutzen (74) zur Brennstoffzuführung im wesentlichen in Umfangsrichtung vorgesehen ist.

22. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Umfangs-Begrenzungswand (8) und dem Luftzuführungs-Stutzen (10) ein Leit- und Schutzring (32) von der Stirn-Begrenzungswand (4) aus ein Stück weit zum Inneren der Brennkammer (2) ragend angeordnet ist.

23. Brennkammer nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der strömungsabwärtige Endbereich des Leit- und Schutzrings (32) turbulenzsteigernd ausgebildet ist.

24. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß radial weiter außen als die Umfangs-Begrenzungswand (8) der Brennkammer (2) ein Wärmeleitfinger (98) vorgesehen ist, dessen Ende in Längserstreckungsrichtung der Brennkammer (2) weiter vorn als seine Wurzel liegt, und daß an der Außenseite des Brennkammerbauteils in demjenigen Bereich, wo an der Innenseite des Brennkammerbauteils die Wurzel des Wärmeleitfingers (98) ist, ein Temperaturfühler (90) angesetzt ist, mit dem sich erfassen läßt, ob Verbrennung stattfindet oder nicht.

25. Brennkammer nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmeleitfinger (98) Teil des Feingußbauteils ist.

26. Brennkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß von den Oberflächen, die im Betrieb zum Aufbau kohlenstoffhaltiger Ablagerungen neigen, mindestens ein Teil kupferhältig ausgebildet ist.

27. Brennkammer nach Anspruch 26, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die poröse Auskleidung (28) zum Abdampfen des Brennstoffs an der inneren Oberfläche mit kupferhaltigem Material beschichtet ist oder, im Fall einer faserigen Auskleidung, Fasern aus kupferhaltigem Material enthält oder, im Fall einer Sintermetall-Auskleidung, Teilchen aus kupferhaltigem Material enthält.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

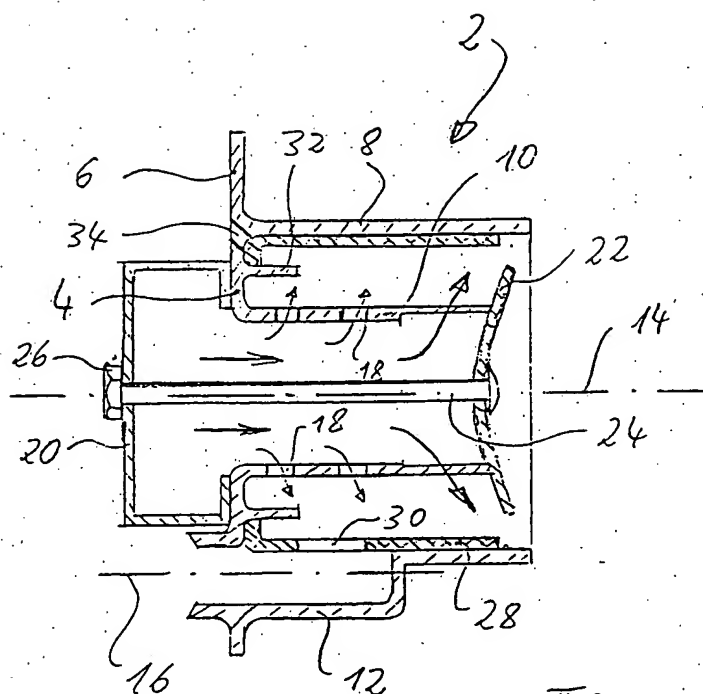


Fig. 1

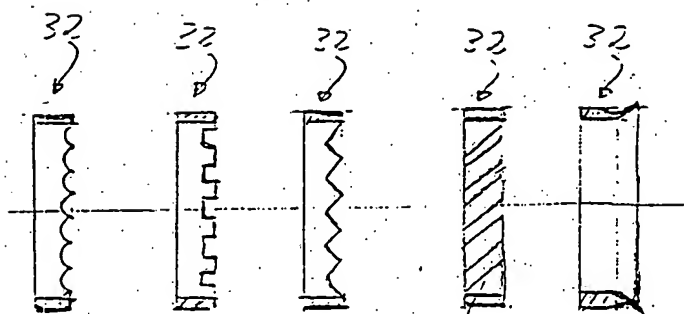


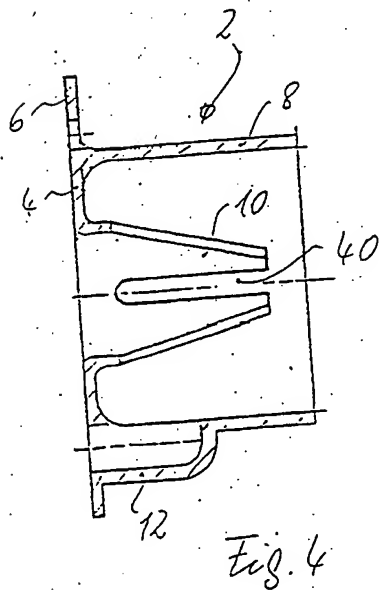
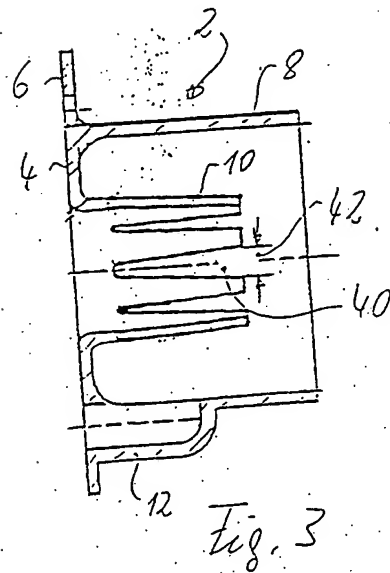
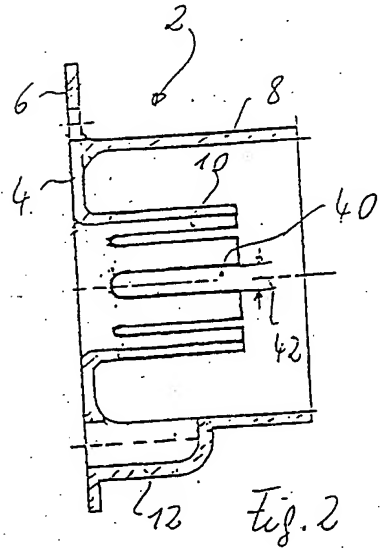
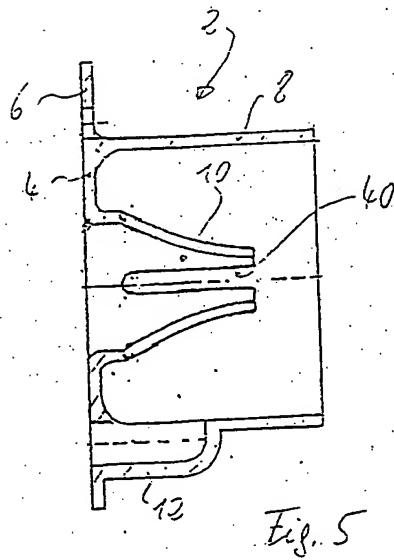
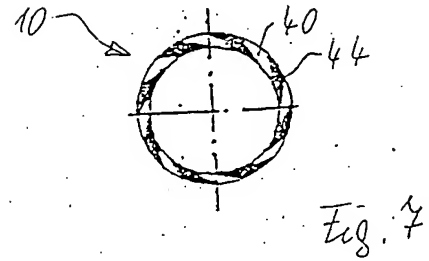
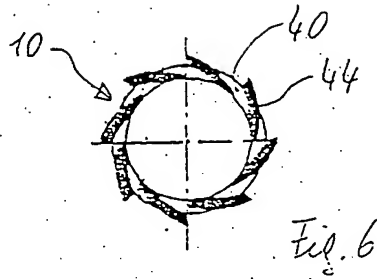
Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 12

Fig. 11



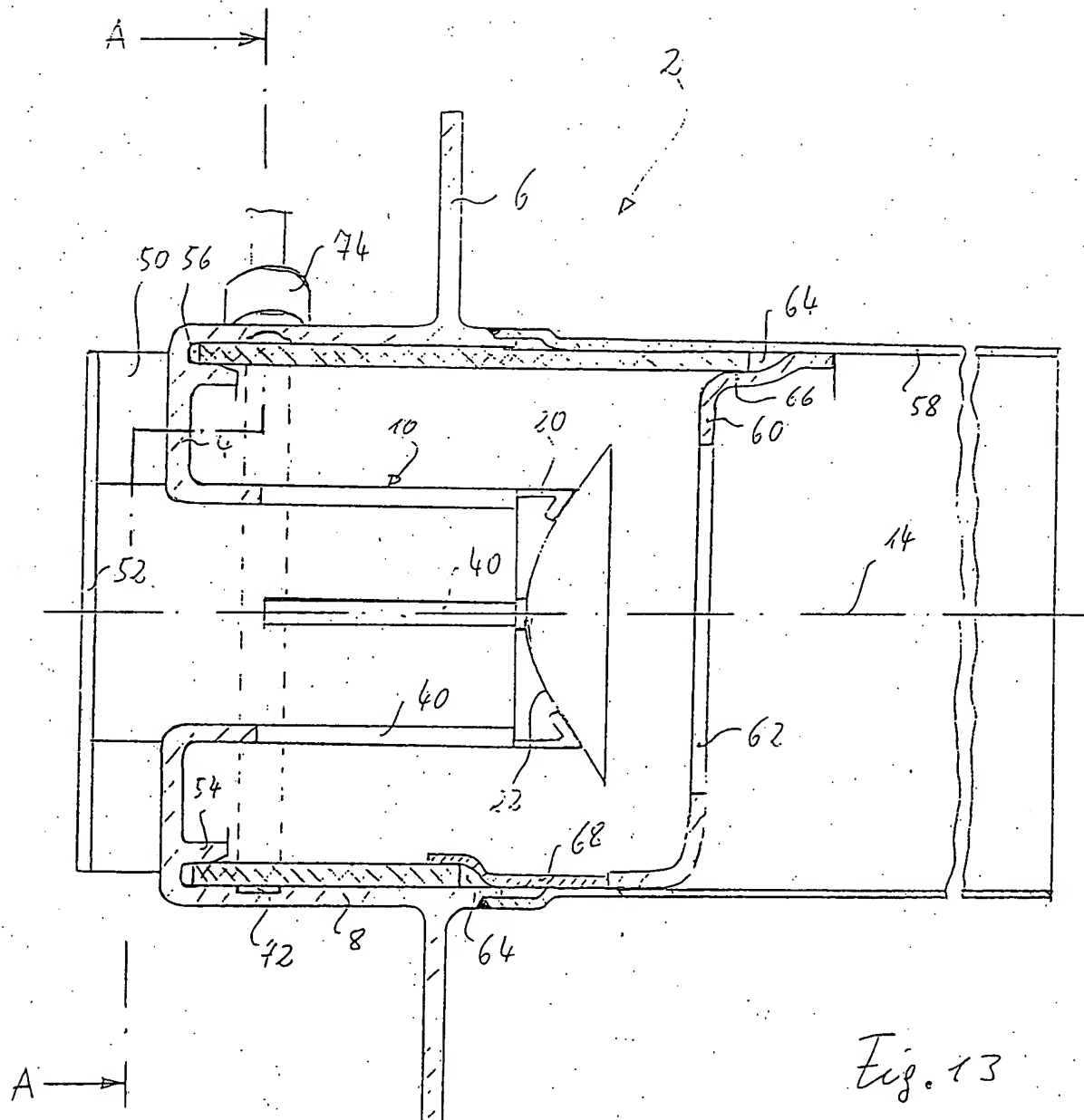


Fig. 13

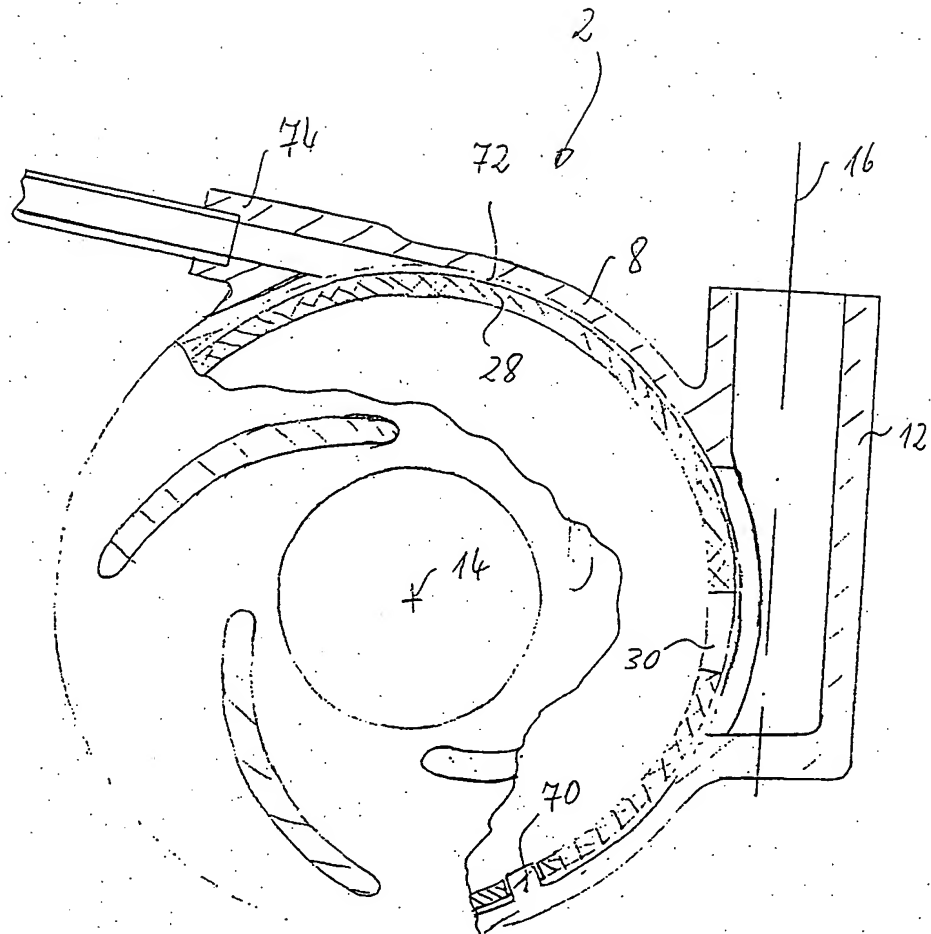


Fig. 14

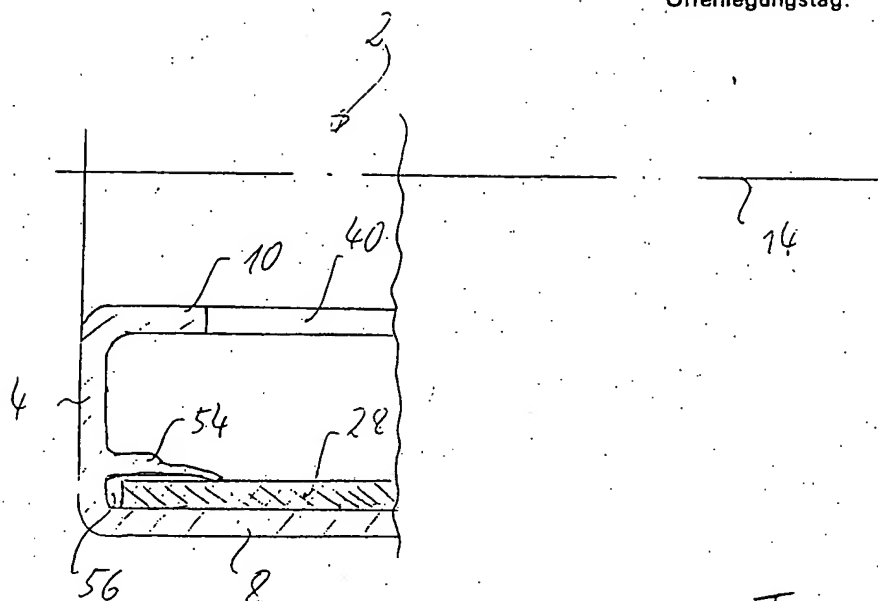


Fig. 15

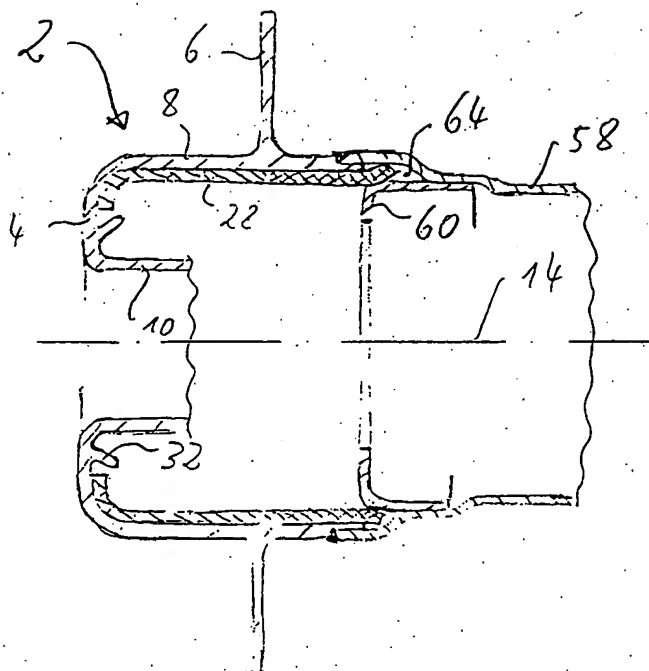


Fig. 16

